

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автоматизированные системы управления объектами тепловых и атомных электрических станций

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ**


<b>Блок:</b>	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
<b>Часть образовательной программы:</b>	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	Б1.Ч.05
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	2 семестр - 5;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	180 часов
<b>Лекции</b>	2 семестр - 32 часа;
<b>Практические занятия</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Лабораторные работы</b>	2 семестр - 16 часов;
<b>Консультации</b>	2 семестр - 18 часов;
<b>Самостоятельная работа</b>	2 семестр - 109,2 часов;
<b>в том числе на КП/КР</b>	2 семестр - 43,7 часа;
<b>Иная контактная работа</b>	2 семестр - 4 часа;
<b>включая:</b> <b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Защита курсовой работы</b>	2 семестр - 0,3 часа;
<b>Экзамен</b>	2 семестр - 0,5 часа;
	<b>всего - 0,8 часа</b>

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пикина Г.А.
	Идентификатор	Rdee8d0ce-PikinaGA-58adae29

(подпись)

Г.А. Пикина

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мезин С.В.
	Идентификатор	R420ae592-MezinSV-dc40cfee

(подпись)

С.В. Мезин

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Черняев А.Н.
	Идентификатор	R7a97f450-ChernyaevAN-b37575e

(подпись)

А.Н. Черняев

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение общих принципов построения математических моделей тепловых и гидравлических процессов технологических объектов управления, методов получения и сравнительного анализа моделей различной степени приближения, выбор наилучшей модели в зависимости от ее назначения

### Задачи дисциплины

- освоение основных видов моделей, способов их получения и сравнительного анализа;
- освоение методов решения задач с использованием математических моделей;
- приобретение навыков решения задач моделирования тепловых и гидравлических процессов реальных технологических объектов ТЭС и АЭС.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен участвовать в организации разработки, внедрения и сопровождения АСУТП, разработке мероприятий по повышению качества АСУ ТП и её элементов	ИД-4 <sub>ПК-2</sub> Применяет методы получения, сравнительного анализа моделей различной степени приближения и выбора наилучшей модели в зависимости от ее назначения	знать: - влияние технологических особенностей и режимов работы теплообменных устройств на структуру и характеристики математической модели, способы сравнительного анализа моделей различной степени приближения; - принципы и методы получения моделей теплотехнических объектов, способы упрощения моделей с анализом влияния допущений на точность модели.  уметь: - выбирать наилучшую математическую модель в зависимости от ее назначения; - применять методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования при математическом моделировании объектов управления.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Автоматизированные системы управления объектами тепловых и атомных электрических станций (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Адаптивные и оптимальные системы управления, Методы имитационного моделирования, Основы автоматизации

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.



### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Введение. Основные понятия математического моделирования	4	2	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	<p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Введение. Основные понятия математического моделирования" материалу.  <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>                      [1], гл.1</p>	
1.1	Введение. Основные понятия математического моделирования	4		2	-	-	-	-	-	-	-	-	2		-
2	Принципы построения математических моделей	4		2	-	-	-	-	-	-	-	-	2		-
2.1	Принципы построения математических моделей	4		2	-	-	-	-	-	-	-	-	2		-
3	Модели одномерного однофазного потока	6		2	2	-	-	-	-	-	-	-	2		-
3.1	Модели одномерного однофазного потока	6		2	2	-	-	-	-	-	-	-	2		-

													обработки результатов по изученному в разделе "Модели одномерного однофазного потока" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл.2
4	Модели теплопередающей стенки	6	2	2	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Модели теплопередающей стенки" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл. 3
4.1	Модели теплопередающей стенки	6	2	2	-	-	-	-	-	-	2	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Модели теплопередающей стенки" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл. 3
5	Модели гидродинамических процессов	10	4	2	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Модели гидродинамических процессов" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл.4
5.1	Модели гидродинамических процессов	10	4	2	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Модели гидродинамических процессов" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл.4
6	Обобщенная математическая модель теплообменников	12	4	2	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Обобщенная математическая модель теплообменников" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл. 5
6.1	Обобщенная математическая модель теплообменников	12	4	2	-	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Обобщенная математическая модель теплообменников" материалу. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], гл. 5

													[2], 1-24 [3], 1-24
7	Математическое моделирование процессов оборудования ТЭС	18	8	4	-	-	-	-	-	-	6	-	<b>Подготовка к лабораторной работе:</b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Математическое моделирование процессов оборудования ТЭС" материалу. <b>Изучение материалов литературных источников:</b> [1], гл. 5,6,7
7.1	Математическое моделирование процессов оборудования ТЭС	18	8	4	-	-	-	-	-	-	6	-	
8	Математическое моделирование процессов оборудования АЭС	20	8	4	-	-	-	-	-	-	8	-	<b>Подготовка к лабораторной работе:</b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Математическое моделирование процессов оборудования АЭС" материалу. <b>Изучение материалов литературных источников:</b> [1], гл. 5,6,7
8.1	Математическое моделирование процессов оборудования АЭС	20	8	4	-	-	-	-	-	-	8	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Курсовая работа (КР)	64.0	-	-	-	16	-	4	-	0.3	43.7	-	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>0.8</b>	<b>75.7</b>	<b>33.5</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>180.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>18</b>		<b>4</b>		<b>0.8</b>	<b>109.2</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## **3.2 Краткое содержание разделов**

### 1. Введение. Основные понятия математического моделирования

#### 1.1. Введение. Основные понятия математического моделирования

Основные понятия математического моделирования. Классификация моделей. Модели различной степени приближения: распределенные и сосредоточенные, линейные и нелинейные, статические и динамические. Способы представления математических моделей: системой дифференциальных уравнений, векторно-матричной формой, структурными схемами, сигнальными графами.

### 2. Принципы построения математических моделей

#### 2.1. Принципы построения математических моделей

Принципы построения математических моделей, декомпозиция задачи, структура модели. Уравнения законов сохранения вещества, энергии и количества движения для потоков жидкостей и газов. Уравнения теплопроводности для твердых тел. Техника получения моделей статического, линейного, точечного и многоточечного приближения из распределенной нелинейной модели.

### 3. Модели одномерного однофазного потока

#### 3.1. Модели одномерного однофазного потока

Модели тепловых процессов одномерного однофазного потока. Метод двойного преобразования Лапласа. Двухмерные передаточные функции. Статические и динамические характеристики различных моделей потока: с распределенными и сосредоточенными параметрами, точечные и многоточечные.

### 4. Модели теплопередающей стенки

#### 4.1. Модели теплопередающей стенки

Модели различного приближения для плоской и цилиндрической теплопередающей стенки. Распределенная и точечная модели плоской стенки и их статические динамические характеристики.

### 5. Модели гидродинамических процессов

#### 5.1. Модели гидродинамических процессов

Модели гидродинамических процессов несжимаемых, слабо сжимаемых и сжимаемых потоков. Статические и динамические характеристики различных моделей потока.

### 6. Обобщенная математическая модель теплообменников

#### 6.1. Обобщенная математическая модель теплообменников

Обобщенная математическая модель типовых теплообменных устройств в энергетике: конвективных и радиационных, прямоточных и противоточных, с однофазными и двухфазными теплоносителями. Декомпозиция и упрощение модели. Выбор метода решения. Статические и динамические характеристики различных моделей типовых теплообменных устройств.

### 7. Математическое моделирование процессов оборудования ТЭС



### 7.1. Математическое моделирование процессов оборудования ТЭС

Математическое моделирование процессов теплоэнергетического оборудования ТЭС. Структура математической модели барабанного котла. Динамические характеристики различных поверхностей котла. Особенности моделирования динамики циркуляционного контура. Структура математической модели прямоточного котла. Динамические характеристики различных поверхностей прямоточного котла.

## 8. Математическое моделирование процессов оборудования АЭС

### 8.1. Математическое моделирование процессов оборудования АЭС

Математическое моделирование процессов теплоэнергетического оборудования АЭС. Структура математической модели энергоблока с реактором ВВЭР. Динамические характеристики реактора и парогенератора.

### 3.3. Темы практических занятий

не предусмотрено

### 3.4. Темы лабораторных работ

1. № 1. Разработка Mathcad-программы и расчет характеристик потока и теплопередающей стенки теплообменника.;
2. № 4. Расчет комплексных частотных характеристик различных моделей теплообменника с помощью специализированной программы «РТО» кафедральной вычислительной лаборатории;
3. № 3. Расчет статических характеристик различных моделей теплообменника с помощью специализированной программы «РТО» кафедральной вычислительной лаборатории.;
4. № 2. Разработка Mathcad-программы и расчет статических характеристик поверхности теплообмена..

### 3.5 Консультации

#### Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Введение. Основные понятия математического моделирования"
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Принципы построения математических моделей"
3. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Модели одномерного однофазного потока"
4. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Модели теплопередающей стенки"
5. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые

консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Модели гидродинамических процессов"

6. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Обобщенная математическая модель теплообменников"
7. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Математическое моделирование процессов оборудования ТЭС"
8. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Математическое моделирование процессов оборудования АЭС"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение. Основные понятия математического моделирования"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Принципы построения математических моделей"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Модели одномерного однофазного потока"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Модели теплопередающей стенки"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Модели гидродинамических процессов"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Обобщенная математическая модель теплообменников"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Математическое моделирование процессов оборудования ТЭС"
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Математическое моделирование процессов оборудования АЭС"

### 3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

#### 2 Семестр

Курсовая работа (КР)

#### График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 4	5 - 8	9 - 12	13 - 15	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	3	4	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	20	20	30	30	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	20	40	70	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Расчет КЧХ потока внутри труб
2	Расчет КЧХ стенки
3	Расчет статика теплообменной поверхности
4	Расчет КЧХ теплообменной поверхности

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)								Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Знать:</b>											
принципы и методы получения моделей теплотехнических объектов, способы упрощения моделей с анализом влияния допущений на точность модели	ИД-4ПК-2	+	+	+	+						Лабораторная работа/Введение. Основные понятия математического моделирования. Принципы построения моделей.  Лабораторная работа/Модели гидродинамических процессов. Обобщенная математическая модель теплообменников .  Лабораторная работа/Модели одномерного потока. Модели передающей тепло стенки.
влияние технологических особенностей и режимов работы теплообменных устройств на структуру и характеристики математической модели, способы сравнительного анализа моделей различной степени приближения	ИД-4ПК-2					+	+	+	+	Лабораторная работа/Модели гидродинамических процессов. Обобщенная математическая модель теплообменников .  Лабораторная работа/Модели оборудования ТЭС и АЭС.  Лабораторная работа/Модели одномерного потока. Модели передающей тепло стенки.	
<b>Уметь:</b>											
применять методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования при математическом моделировании объектов управления	ИД-4ПК-2			+	+	+	+	+	+	Лабораторная работа/Модели оборудования ТЭС и АЭС.  Лабораторная работа/Модели одномерного потока. Модели	

											передающей тепло стенки.
выбирать наилучшую математическую модель в зависимости от ее назначения	ИД-4 <sub>ПК-2</sub>	+	+						+	+	Лабораторная работа/Введение. Основные понятия математического моделирования. Принципы построения моделей. Лабораторная работа/Модели гидродинамических процессов. Обобщенная математическая модель теплообменников .

#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**2 семестр**

Форма реализации: Допуск к лабораторной работе

1. Введение. Основные понятия математического моделирования. Принципы построения моделей. (Лабораторная работа)
2. Модели гидродинамических процессов. Обобщенная математическая модель теплообменников. (Лабораторная работа)
3. Модели оборудования ТЭС и АЭС. (Лабораторная работа)
4. Модели одномерного потока. Модели передающей тепло стенки. (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсовой работы является приложением Б.

##### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

Экзамен (Семестр №2)

0,2х(среднеарифметическая оценка за лабораторные работы и опросы) + 0,3 х оценка за курсовую работу + 0,5 х оценка на экзамене.)

Курсовая работа (КР) (Семестр №2)

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Пикина, Г. А. Математические модели технологических объектов : учебное пособие по курсу "Моделирование систем управления" по специальности "Автоматизация технологических процессов и производств" направления "Теплоэнергетика" / Г. А. Пикина ; Ред. А. В. Андрюшин ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 300 с. - ISBN 978-5-383-00059-5 .;

2. Пикина, Г. А. Модели тепловых процессов = Models of thermal processes : методические указания по выполнению курсовой работы по направлению 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / Г. А. Пикина, Т. С. Нгуен, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 24 с. - книга на английском языке .

[http://elibrary.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8731](http://elibrary.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8731);

3. Пикина, Г. А. Методические указания по выполнению курсовой работы "Модели тепловых процессов" : учебно-методическое пособие по курсу "Моделирование объектов управления" по направлению 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / Г. А. Пикина, Т. С. Нгуен, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 24 с.

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8156](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8156);

4. Пащенко Ф. Ф., Пикина Г. А.- "Основы моделирования энергетических объектов",  
Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2011 - (464 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=5284](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=5284).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. MathCad.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>

2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" -

[http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)

3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>

5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>

6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>

7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>

8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-210/3, Компьютерный класс каф. "АСУТП"	стол, стол компьютерный, стул, шкаф, тумба, доска меловая, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	В-210/4, Лаборатория моделирования автоматизированных технологических комплексов	стол, стол компьютерный, стул, шкаф, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, стенд учебный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	А-408, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-210/7в, Преподавательская	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, стол для совещаний, экран, компьютер

		персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-210/8а, Архив	шкаф

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Моделирование объектов управления**

(название дисциплины)

**2 семестр****Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Введение. Основные понятия математического моделирования. Принципы построения моделей. (Лабораторная работа)
- КМ-2 Модели одномерного потока. Модели передающей тепло стенки. (Лабораторная работа)
- КМ-3 Модели гидродинамических процессов. Обобщенная математическая модель теплообменников . (Лабораторная работа)
- КМ-4 Модели оборудования ТЭС и АЭС. (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Введение. Основные понятия математического моделирования					
1.1	Введение. Основные понятия математического моделирования		+	+	+	
2	Принципы построения математических моделей					
2.1	Принципы построения математических моделей		+	+	+	
3	Модели одномерного однофазного потока					
3.1	Модели одномерного однофазного потока		+	+	+	+
4	Модели теплопередающей стенки					
4.1	Модели теплопередающей стенки		+	+	+	+
5	Модели гидродинамических процессов					
5.1	Модели гидродинамических процессов			+	+	+
6	Обобщенная математическая модель теплообменников					
6.1	Обобщенная математическая модель теплообменников			+	+	+
7	Математическое моделирование процессов оборудования ТЭС					
7.1	Математическое моделирование процессов оборудования ТЭС		+	+	+	+



8	Математическое моделирование процессов оборудования АЭС				
8.1	Математическое моделирование процессов оборудования АЭС	+	+	+	+
Вес КМ, %:		25	25	25	25

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА  
КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Моделирование объектов управления**

(название дисциплины)

**2 семестр**

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовой работе:**

- КМ-1 соблюдение графика выполнения КР
- КМ-2 соблюдение графика выполнения КР
- КМ-3 соблюдение графика выполнения КР
- КМ-4 соблюдение графика выполнения КР и качество оформления КР

**Вид промежуточной аттестации – защита КР.**

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Расчет КЧХ потока внутри труб		+			
2	Расчет КЧХ стенки			+		
3	Расчет статики теплообменной поверхности				+	
4	Расчет КЧХ теплообменной поверхности					+
Вес КМ, %:			20	20	30	30